

# 太仓市郊大棚菜地土壤盐分累积与分布特征研究<sup>①</sup>

张绪美, 沈文忠, 胡青青

(太仓市土壤肥料站, 江苏太仓 215400)

**摘要:**以太仓市郊大棚菜地土壤为研究对象,研究了太仓市典型大棚菜地土壤盐分累积现状及变化规律。结果表明:太仓市郊大棚菜地土壤全盐含量平均值为 3.38 g/kg,已达轻度盐化水平;大棚菜地土壤盐分累积区域分布差异较大,最小值为 0.42 g/kg,最大值达 12.6 g/kg,变异系数达 65.7%;大棚菜地土壤盐分累积量有 69.84% 超过安全水平,其中 51.59% 为轻度盐土,10.32% 为中度盐土,5.56% 为重度盐土;大棚菜地土壤盐分累积分布具有明显的地域性,以浏河镇、沙溪镇和新区发生盐化现象最为严重,盐化土所占比例分别达 91.4%、91.0% 和 83.0%;八大离子组成中,阳离子以  $\text{Ca}^{2+}$  为主,其次为  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$ ,阴离子以  $\text{NO}_3^-$  为主,其次为  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ;相关性分析表明,影响太仓市郊菜地土壤发生盐化的主要因素是全盐含量、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等指标,造成土壤发生次生盐渍化的主要因素是不合理施肥、种植及管理模式等人为外在因素;太仓市郊菜地土壤盐分含量随着大棚种植年限的增加而显著提高,在种植年限为 4~5 a 时达到峰值,平均值为 3.64 g/kg,是种植年限为 1 a 的大棚土壤含盐量的 1.29 倍。

**关键词:** 太仓; 大棚土壤; 盐分累积

中图分类号: S151.9; S158 文献标识码: A

近年来,由于人们不合理的水肥管理方式及大棚菜地自身的高温封闭环境,大棚菜地土壤的次生盐渍化问题日益突出。土壤次生盐渍化不仅会造成土壤土水势降低、养分失调和耕地质量下降,进一步导致作物生理性失水、缺素或养分过多而中毒,还会污染地下水,产生有害气体,影响大棚菜地土壤的可持续利用<sup>[1-2]</sup>。

据统计,2015 年太仓蔬菜播种面积为 1.60 万  $\text{hm}^2$ <sup>[3]</sup>,太仓是苏州市和上海市的菜篮子基地之一,农业在太仓社会经济发展中的地位非常重要。近年来,土壤次生盐渍化是限制大棚作物连作的主要障碍因子<sup>[2]</sup>。已有研究表明,苏州所辖各县市、上海市各区典型蔬菜地土壤的平均全盐含量已处于轻度盐渍化水平<sup>[4-5]</sup>。近年来有关太仓大棚菜地土壤次生盐渍化状况及产生特征的进一步研究却鲜有报道,因此,有必要对目前太仓大棚菜地土壤的盐分含量及组成特征进行相关的调查研究,了解和掌握太仓地区的次生盐渍化现状及主要原因,并提出针对性防治措施,从而为太仓大棚农业的可持续发展提供理论指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

太仓市位于江苏省东南部,长江口岸,属于亚热带南部湿润气候区,四季分明。2015 年末全市总土地面积 665.96  $\text{km}^2$ ,其中耕地面积 26 913  $\text{hm}^2$ 。全市地形平坦,植被多样,形成的土壤类型以水稻土为主,占全市耕地面积的 98.13%,其中由海相冲积而成的渗育型水稻土和潜育型水稻土占绝大部分面积,由湖相沉积而成的潜育型水稻土则分布面积较少,主要分布在吴塘以西的圩区。

### 1.2 土壤采集

根据全市大棚菜地分布状况,利用网格法在地图上选定典型采样点位。在考虑地形、土壤类型等基本一致,近期施肥耕作措施及植物生长表现基本相同等因素基础上,选择有代表性的采样点采集 0~20 cm 土样,共采集 126 个混合土壤样品,并利用 GPS 定位。

### 1.3 分析方法

土壤样品分析均参考文献[6]。土壤水溶性全盐

基金项目:2017 年省重点研发计划项目(BE2017380)、2014 年太仓市科技计划项目(TC2014NY02)及太仓市农业面源污染综合治理试点项目资助。

作者简介:张绪美(1977—),女,山东德州人,博士,高级农艺师,主要从事土壤肥料应用与推广、土壤修复与治理等研究。E-mail: xzmzhang09@126.com

含量用质量法测定；各种水溶性离子用无  $\text{CO}_2$  水(水土比 5 : 1)浸提后,  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  用火焰光度法测定； $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  用原子吸收分光光度法测定； $\text{HCO}_3^-$  用电位滴定法测定； $\text{SO}_4^{2-}$  用 EDTA 间接络合滴定法测定； $\text{Cl}^-$  用硝酸银滴定法进行测定。 $\text{NO}_3^-$  用  $\text{CaCl}_2$  溶液(水土比 10 : 1)浸提, 紫外分光光度法测定。

#### 1.4 数据处理

试验数据采用 Excel 2007 和 SPASS11.5 统计软件处理和分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 太仓市郊大棚蔬菜地土壤盐分含量总体特征

太仓市郊大棚菜地土壤盐分含量在 0.42 ~ 12.6 g/kg, 平均值为  $3.38 \text{ g/kg} \pm 0.22 \text{ g/kg}$ , 参照相关分级标准<sup>[7]</sup>, 已超出土壤盐化安全范围( $< 2 \text{ g/kg}$ )。其变异系数为 65.7%, 土壤盐分累积量差异幅度较大。由如图 1 可知, 太仓市郊大棚菜地盐分频率分布基本符合正态分布。

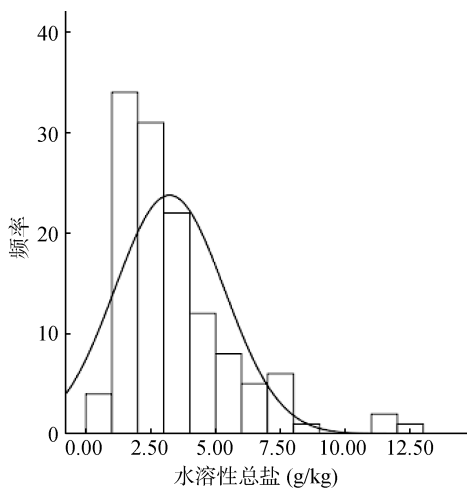


图 1 太仓市郊大棚菜地全盐含量频率分布图

Fig. 1 Frequency distribution of total salt content in greenhouse soils in Taicang

为更好地评价太仓市郊大棚菜地土壤盐分累积现状, 将 126 个土壤样品的全盐含量进行分级诊断统计, 分级情况如表 1 所示。由表 1 可知, 太仓市郊大棚菜地土壤盐分累积采样点有 69.84% 超过安全水平, 其中轻度盐土比例较大, 占比为 51.59%; 中度、重度盐化和盐土的占比分别为 10.32%、5.56% 和 2.38%。

由此, 太仓市郊大棚菜地土壤不仅总体平均值已超出安全范围, 而且超过一半的大棚菜地土壤出现了不同程度的次生盐渍化现象, 说明太仓市郊大棚土壤次生盐渍化现象较为普遍, 也较为严重, 应引起当地

有关部门的重视。

表 1 太仓市郊大棚菜地土壤盐化分级

Table 1 Classification of total salt content in greenhouse soils in Taicang suburban area

含盐量(g/kg)	盐化程度分级	棚数(个)	百分比(%)
<2	非盐化	38	30.16
2~5	轻度盐化	65	51.59
5~7	中度盐化	13	10.32
7~10	重度盐化	7	5.56
>10	盐土	3	2.38

注：分级标准参考文献<sup>[7]</sup>。

### 2.2 太仓市郊不同乡镇大棚土壤盐化分布特征

一般来说, 受土壤本底、地理环境及管理水平等因素影响, 土壤含盐量具有一定地域差异性。通过对不同乡镇大棚土壤次生盐渍化进行分析发现(表 2), 除浮桥、城厢镇外, 其余各乡镇均发现了不同程度的次生盐渍化现象。其中, 浏河、沙溪镇和新区的大棚菜地土壤次生盐渍化程度最为严重, 其发生次生盐渍化的土壤占各地区大棚的 91.40%、91.00% 和 83.00%; 在发生次生盐渍化土壤中, 浏河镇甚至有 8.57% 的大棚土壤全盐量超过 10.00 g/kg, 已成为盐土; 相比而言, 璜泾和双凤镇的次生盐渍化程度相对较轻, 盐化土壤占比分别为 36.00% 和 50.00%, 但是, 璜泾镇仍有 4.00% 的大棚土为重度盐化土壤。

进一步分析发现, 浏河镇大棚土壤的全盐含量最大值(12.60 g/kg)和平均值(6.57 g/kg)均为最大, 表明该区域盐渍化倾向的严重性。由图 1 可知, 浏河镇的蔬菜大棚个数和占地面积都较多, 因此, 该镇的次生盐渍化问题应引起足够重视。

表 2 太仓市郊不同乡镇大棚菜地土壤盐化程度分级频率

Table 2 Frequencies of salinization grades of greenhouse soils in different towns in Taicang suburban area

区域	非盐化	轻度盐化	中度盐化	重度盐化	盐土
双凤镇	50.00	45.00	5.00	0	0
沙溪镇	9.00	80.00	8.57	2.86	0
浮桥镇	100.00	0	0	0	0
新区	17.00	83.00	0	0	0
城厢镇	100.00	0	0	0	0
璜泾镇	64.00	24.00	8.00	4	0
浏河镇	8.57	48.57	20.00	14.29	8.57

### 2.3 太仓市郊盐化大棚土壤的全盐含量及盐分离子的组成特征

对发生盐化(尤其是重度以上盐化)现象的土壤

进一步分析其盐分离子组成,结果如图 2 所示,阴离子以 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 为主,占全盐含量的 30.00%,其次是 Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>,分别占全盐量的 9.00%、5.00%、1.00%;阳离子以 Ca<sup>2+</sup> 为主,占全盐含量的 9%,其次是 Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>,分别占全盐量的 8.00%、5.00%、2.00%。进一步分析发现,八大离子总和占全盐含量的比例在 30.00% ~ 87.00%,平均比例为 64.12%,其中阴离子所占比重略高于阳离子。

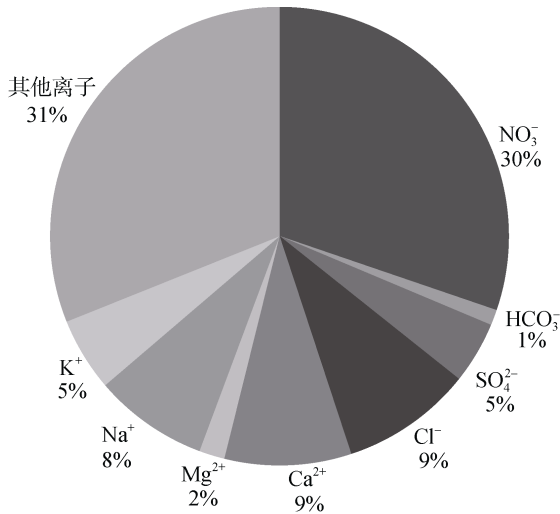


图 2 太仓市郊大棚土壤各盐分离子占土壤全盐含量的平均百分比

Fig. 2 Average percentages of salt ions in total salt content in greenhouse soils in Taicang suburban area

在土壤发生次生盐渍化过程中,有些离子与全盐含量之间存在一定的关联性,这种关联性可彰显出大棚菜地土壤盐分累积的构成特点,因此本研究对八大离子与全盐含量之间的相关性进行了分析,以期更好地辨析引起土壤盐化的内、外因素。如表 3 所示,0 ~ 20 cm 耕层土壤全盐含量与 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>含量的相关系数分别为 0.52、0.50、0.79,呈显著正相关关系。这一现象揭示了土壤盐分累积量主要与 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、Cl<sup>-</sup>含量水平的高低有关,而 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup> 与全盐含量相关关系并不明显,从而说明太仓土壤盐分外界累积量主要来源于 NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>,其大多为化肥的副成分或转化物。在设施栽培条件下,种植户为了追求高设施利用率及作物高产,通常都在棚室内进行连续种植,作物复种指数高且肥料投入量大,超过了作物的实际需要量,从而使得一些未被作物吸收利用的养分及肥料中的副成分大量残留于土壤中,成为土壤盐分离子的主要来源<sup>[7]</sup>。而 HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>、Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup> 含量则主要受土壤原始本底沉积量的影响,对促进土壤含盐量发生变化的作用较小。

表 3 太仓市郊大棚土壤盐分及组成离子间的相关系数(n=50)

Table 3 Correlation coefficients among total salt content and salt ions in greenhouse soils in Taicang suburban area

	全盐	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>
全盐	1								
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.52**	1.00							
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	-0.01	-0.14	1.00						
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	0.51**	0.24	-0.06	1.00					
Cl <sup>-</sup>	0.79**	0.31	-0.04	0.34	1.00				
Ca <sup>2+</sup>	0.16	0.07	-0.02	-0.12	0.30	1.00			
Mg <sup>2+</sup>	0.19	0.07	0.13	0.12	0.11	-0.46**	1.00		
Na <sup>+</sup>	0.15	0.25	-0.24	-0.04	0.17	-0.20	-0.02	1.00	
K <sup>+</sup>	-0.21	-0.25	0.27	0.10	-0.13	-0.25	0.19	-0.27	1

注: \*\*表示在 P<0.01 水平显著相关(Pearson 法, 双侧)。

### 2.4 棚龄对太仓市郊大棚土壤可溶性盐分含量的影响

一般认为土壤盐分含量因施肥、设施类型、蔬菜种植年限的不同而有较大变化<sup>[1]</sup>。因此,本研究分别对种植年限 1 ~ 8 a 且肥料投入水平及生产管理措施相近的蔬菜基地土壤盐分累积量进行研究,结果如表 4 所示。由表 4 可知,不同种植年限的大棚菜地土壤全盐含量的影响有所差异,整体上,土壤全盐累积量随着种植年限的延长而增加,盐分累积量由种植年限 1 a 的 2.81 g/kg 上升到种植年限为 4 ~ 5 a 的 3.64 g/kg,此后盐分累积量呈现出有所降低,之后又上升的趋势。出现这一现象最可能的原因是,当地农户在连续种植了几年作物后大棚菜地土壤盐分累积状况达到峰值,导致作物不能正常生长,农户经济效益受损,不得不采取诸如水旱轮作、揭膜或闲置等措施来降低土壤中的盐分,而在土壤状况改善后,又继续原来的种植模式,从而导致土壤盐分又出现升高现象。可见,农田土壤进行蔬菜生产 1 ~ 4 a,即会导致土壤盐分累积量迅速增加,并且随着蔬菜种植年限的延长,土壤盐分含量会出现波动性循环现象。

表 4 棚龄对太仓市郊大棚土壤盐分含量的影响(g/kg)

Table 4 Effect of greenhouse planting year on salt content in greenhouse soils in Taicang suburban area

棚龄(a)	最大值	最小值	平均值	标准误
1	4.69	1.05	2.81	0.59
2 ~ 3	6.22	1.07	2.86	0.62
4 ~ 5	5.91	1.93	3.64	0.42
6	5.33	0.82	2.47	0.31
7 ~ 8	7.81	0.45	3.07	0.24

### 3 讨论

以上研究表明,太仓市大棚菜地土壤整体表现出了轻度盐渍化并向重度盐渍化发展的倾向。虽然之前对于太仓市大棚菜地盐渍化程度的研究较少,但是对与之毗邻的上海已有不少盐渍化相关的研究,李尚科<sup>[5]</sup>对上海典型区大棚菜田的盐渍化程度研究结果表明,31.00% 为非盐化土壤,这与太仓大棚菜地的情况(非盐化 30.16%)相似;但是,上海 36.8% 为轻度盐化,其余为中度以上盐土,其盐化程度还是要高于太仓市(轻度盐土占 51.59%),这可能与上海某些大棚菜地的种植年限较长(最高达 14 a)有关。

本研究的重度盐渍化大棚菜地土壤中,阳离子以  $\text{Ca}^{2+}$  为主要盐分离子,其次为  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$ ,阴离子以  $\text{NO}_3^-$  为主要盐分离子,其次为  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ 。这些离子成分除了少量的土壤原始沉积量外,大多为化肥的副成分或转化物。在蔬菜生产过程中,为了提高蔬菜产量,菜农大量施用化学肥料,特别是氮肥,其施用量远远超过蔬菜生长的需求量。由于氮素在土壤中可转化成  $\text{NO}_3^-$ -N,若不能被作物及时吸收利用,就很容易在土壤中积累,所以导致土壤中  $\text{NO}_3^-$  累积量较高<sup>[8]</sup>。另据调查,太仓大棚栽培施用的复合肥含有大量的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{Cl}^-$ ,加上尿素的过量投入,使得这些肥料会向土壤带入大量  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  和  $\text{NO}_3^-$  等离子,而  $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$  和  $\text{HCO}_3^-$  主要来源于土壤本身和地下水<sup>[9]</sup>,因此,可以推测该地区大棚菜地次生盐渍化的人为因素主要是不合理施肥引起的。

浏河镇的大棚菜地土壤的盐渍化程度相对较重,究其原因,一方面与当地施肥习惯与管理模式分不开,另一方面可能是由于浏河镇靠近海长江口,常年海水倒灌从而导致  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Na}^+$  含量较其他区域相对较高。同时,由于太仓地形呈现自东北向西南倾斜趋势,所以位于东北的璜泾镇地势相对较高,虽靠近长江,但却不容易发生倒灌现象。

相关研究表明,土壤盐分离子对作物生长的抑制作用强弱依次为  $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{NO}_3^-$ <sup>[7]</sup>,土壤阴离子浓度越高,抑制作用越明显;钠盐对作物的抑制作用明显高于钙盐<sup>[10]</sup>,所以针对太仓大棚土壤盐分累积现状,不仅要注重降低主要致盐离子  $\text{NO}_3^-$  和  $\text{Ca}^{2+}$ ,也要加强  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  等离子含量的控制。

大棚菜地集约化多肥栽培和本身特殊的水分管理是造成土壤盐分积聚的主要因素,各指标之间的相关性分析结果表明,影响太仓市郊菜地土壤发生盐化的主要因素是全盐含量、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等指标,以不合理施肥、种植及管理模式等人为外在因素为

主,以土壤本底内在属性影响为辅,共同造成了太仓市郊大棚菜地当前的土壤盐化现状。

随着种植年限的延长,大棚菜地土壤盐分的积累更加严重<sup>[1]</sup>。本研究中,大棚菜地土壤盐分的含量随种植年份的增加呈先升高后降低再升高的趋势,与当地农户意识到土壤问题严重性后采取减少化肥投入、增施有机肥、休耕及淋洗等措施进行洗盐降盐,当土壤状况得到改良继而重复之前化肥高投入等农艺措施是分不开的。

张绪美等<sup>[11]</sup>报道,太仓市露天菜地和非菜地发生土壤盐渍化或次生盐渍化现象较少,这可能与大棚栽培人为地改变了传统露天种植的生态环境,土壤经常处于高温、高湿、高蒸发、无雨水淋溶等环境因素有关<sup>[12]</sup>。然而,长江三角洲区农业集约化水平较高,不管是露天菜地还是大棚菜地,菜地掠夺性种植的现象普遍,种植集约化(连年种植蔬菜、复种指数极高、化肥施用量偏大)会在相当程度上增加菜地土壤盐分,在今后农业生产中均应该做到防患于未然。

结合太仓当地大棚菜地土壤盐渍化情况,有必要采取针对性、可操作的防治措施。首先,要改善传统的施肥方式,合理施肥和选用肥料种类,减少化肥投入<sup>[13]</sup>,采用配方施肥技术,鼓励多施用腐熟有机肥和缓释肥<sup>[14]</sup>;其次,合理进行水分调控,用地膜等覆盖物抑制水分的蒸发,减轻盐分积聚,定期揭棚,利用雨水冲刷洗盐<sup>[2]</sup>;改变耕作栽培方式,深耕、轮作、种植耐盐作物等<sup>[15-16]</sup>,有条件的地区可以利用工程措施排水洗盐。

### 4 结论

1) 太仓市郊大棚菜地土壤全盐含量平均值为 3.38 g/kg,已达轻度盐化水平;大棚菜地土壤盐分累积区域分布差异较大,最小值为 0.42 g/kg,最大值为 12.6 g/kg,变异系数达 65.7%;大棚菜地土壤盐分累积量有 69.84% 超过安全水平,其中 51.59% 为轻度盐土,10.32% 为中度盐土,5.56% 为重度盐土。

2) 大棚菜地土壤盐分累积分布具有明显的地域性,以浏河镇、沙溪镇和新区发生盐化现象最为严重,盐化土所占比例分别达 91.40%、91.00% 和 83.00%;八大离子组成中,阳离子以  $\text{Ca}^{2+}$  为主,其次为  $\text{Na}^+$  和  $\text{K}^+$ ,阴离子以  $\text{NO}_3^-$  为主,其次为  $\text{Cl}^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$ ;相关性分析表明,影响太仓市郊菜地土壤发生盐化的主要因素是全盐含量、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  等指标,造成土壤发生次生盐渍化的主要因素是不合理施肥、种植及管理模式等人为外在因素。

3) 太仓市郊菜地土壤盐分含量随着大棚种植年限的增加而显著提高,在种植年限为 4~5 a 时达到峰值,平均值为 3.64 g/kg,是种植年限为 1 a 的大棚土壤含盐量的 1.29 倍。

#### 参考文献：

- [1] 张金锦, 段增强. 设施菜地土壤次生盐渍化的成因、危害及其分类与分级标准的研究进展[J]. 土壤, 2011, 43(3): 361-366
- [2] 李廷轩, 张锡洲, 王昌全, 等. 保护地土壤次生盐渍化的研究进展[J]. 西南农业学报, 2001(S1): 103-107
- [3] 太仓统计局. 太仓统计年鉴[M]. 江苏太仓: 无锡出版社, 2015, 44
- [4] 王海候, 黄俏丽, 陆长婴, 等. 苏州市蔬菜地土壤盐分积累现状及离子组成特征[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(5): 332-334
- [5] 李尚科. 上海市大棚菜田土壤次生盐渍化污染现状及修复剂筛选研究[D]. 上海: 东华大学, 2012
- [6] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 156-157
- [7] 杨业凤, 徐阳春, 姚政, 等. 上海市浦东新区设施菜地土壤盐分变化规律研究[J]. 土壤, 2009, 41(6): 1009-1013
- [8] 王辉, 董元华, 安琼, 等. 高度集约化利用下蔬菜地土壤养分累积状况——以南京市南郊为例[J]. 土壤, 2006, 38(1): 61-65
- [9] 王媛华, 段增强, 汤英, 等. 碱性大棚土壤剖面 pH 值与盐分的相关性[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(5): 537-540
- [10] 王丽萍, 孙锦, 郭世荣, 等. 白籽南瓜嫁接对不同盐胁迫下黄瓜幼苗氮代谢和蛋白表达的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2012, 18(3): 689-698
- [11] 张绪美, 沈文忠, 李梅. 太仓市水稻土表层 EC 分布特征分析[J]. 土壤, 2014, 46(3): 577-579
- [12] 李文庆, 张民, 李海峰, 等. 大棚土壤硝酸盐状况研究[J]. 土壤学报, 2002, 39(2): 283-287
- [13] 张青狮, 曹广勇. 日光温室蔬菜连作问题的解决对策[J]. 现代农业科技, 2009(6): 88-89
- [14] 常婷婷, 张洁, 吴鹏飞, 等. 设施土壤次生盐渍化防治措施的研究进展[J]. 江苏农业科学, 2011, 39(4): 449-452
- [15] 侯建坤, 许彩芬, 黄洪光, 等. 宜兴市蔬菜地土壤盐渍化成因及防治措施[J]. 上海农业科技, 2006(2): 12-13
- [16] 王金龙, 阮维斌. 4 种填闲作物对天津黄瓜温室土壤次生盐渍化改良作用的初步研究[J]. 农业环境保护, 2009(9): 1849-1854

## Accumulation and Regional Distribution of Salinity in Greenhouse Soils in Taicang Suburban Area

ZHANG Xumei, SHEN Wenzhong, HU Qingqing

(Taicang Soil and Fertilizer Station, Taicang, Jiangsu 215400, China)

**Abstract:** This paper took the vegetable greenhouse soils in Taicang suburban area as the study objects, measured the total salt contents and ion compositions, and analyzed the accumulation and change of soil salinity. The results indicated that total salt content in soils was 3.38 g/kg and reached mild salinization level. Soil salt accumulation showed great difference in regional distribution, the minimum and maximum values of total salt content in soils were 0.42 g/kg and 12.6 g/kg, respectively, and with the variation of 65.7%. The salt contents of 69.84% of soils were above the safety standard, among of which, 51.59%, 10.32% and 5.56% of soils were in mild, moderate and severe salinity grades. Regionally, the salinization in LiuHe Town, Shaxi Town and New District were more serious, in which the proportions of saline soils were of 91.4%, 91.0% and 91.4%, respectively. Among ion composition of soil salt, cation was given priority to  $\text{Ca}^{2+}$ , followed by  $\text{Na}^{+}$  and  $\text{K}^{+}$ , and anion given priority to  $\text{NO}_3^-$ , followed by  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$ . Correlation analysis showed that the main influential factors of soil salinization in Taicang were the total salt content,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ , and so on. The main reason for soil secondary salinization were human activities, such as unreasonable fertilization, cultivation and management. Total salt content in soils increased significantly with the increase of greenhouse-planting time, which reached maximum (with a mean of 3.64 g/kg) in the year of 4-5 years, which was 1.29 times of that with one-year greenhouse-planting.

**Key words:** Taicang; Greenhouse soil; Salt accumulation